

P-0347 LT

ELECTROSTATIC CHUCK

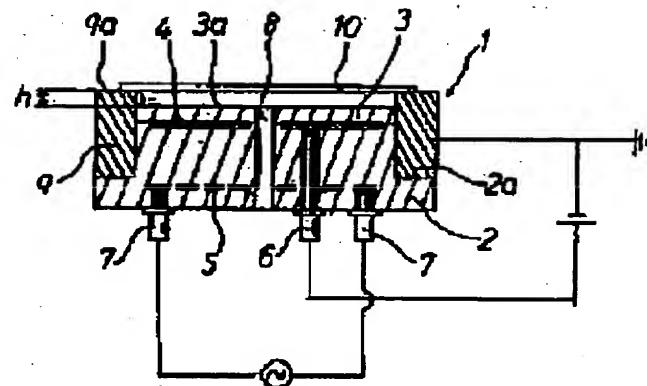
Patent number: JP10107132
Publication date: 1998-04-24
Inventor: NAGASAKI KOICHI; KUKIDA AKIHIRO
Applicant: KYOCERA CORP
Classification:
 - international: H01L21/68; H02N13/00
 - european:
Application number: JP19960258147 19960930
Priority number(s):

[Report a data error here](#)

Abstract of JP10107132

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to suck a wafer stably even when a conductive thin film is formed on a suction face by a method wherein the peripheral edge of the wafer is supported by a support, it is supported by forming a very small gap between the wafer and the suction face, a voltage is applied across the wafer and an electrostatic electrode and the wafer is sucked and held electrostatically.

SOLUTION: An electrostatic chuck 1 is provided with an electrostatic electrode 4 on the surface of a ceramic base body 2 which comprises a step part 2a at its peripheral edge, the electrostatic electrode 4 is covered with a dielectric layer 3, the electrostatic electrode 4 is built in between the ceramic base body 2 and the dielectric layer 3, and the surface of the dielectric layer 3 is used as a suction face 3a. Then, the peripheral edge of a wafer 10 is placed on a holding face 9a as the surface of a support 9 which is formed of a conductive material, and the wafer 10 is held by forming a very small gap between itself and the suction face 3a. Then, when a DC voltage is applied across the wafer 10 and the electrostatic electrode 4, the Coulomb force due to a dielectric polarization is generated, a force which sucks the wafer 10 to the side of the suction face 3a is generated, and the wafer can be sucked and held.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-107132

(43)公開日 平成10年(1998)4月24日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 01 L 21/68

H 01 L 21/68

R

H 02 N 13/00

H 02 N 13/00

D

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全8頁)

(21)出願番号

特願平8-258147

(22)出願日

平成8年(1996)9月30日

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地
の22

(72)発明者 長崎 浩一

鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株
式会社鹿児島国分工場内

(72)発明者 久木田 秋弘

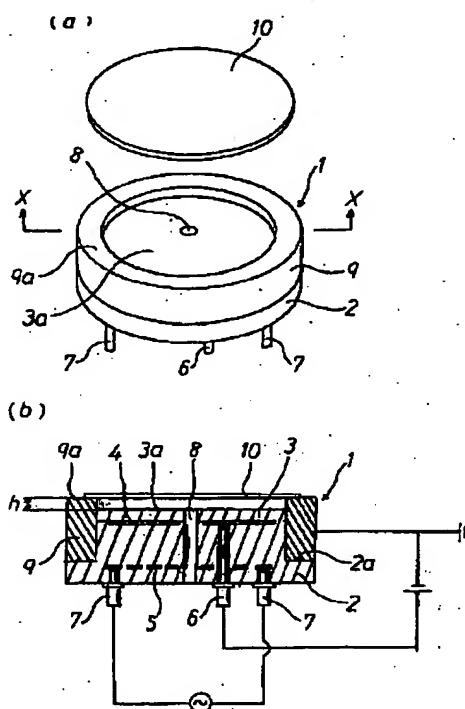
鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株
式会社鹿児島国分工場内

(54)【発明の名称】 静電チャック

(57)【要約】 (修正有)

【課題】成膜に伴う反応膜や油脂類が加熱されることに伴う炭化膜、さらには金属薄膜などの導電性をもった膜が吸着面に付着したとしても被吸着物を安定して吸着保持することが可能な静電チャックを提供する。

【解決手段】静電電極4を内蔵した静電チャック1に上面が吸着面3aより突出する支持部9を設け、該支持部により被吸着物を上記吸着面3aと隙間を設けて配設するとともに、上記支持部における被吸着物との当接面を導電性材料で構成し、上記被吸着物と前記静電電極4との間に通電することで被吸着物を静電的に吸着保持するようとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】誘電体層の一方の表面に静電電極を備えるとともに、他方の表面を吸着面としてなる静電チャックにおいて、該静電チャックに吸着面より突出する支持部材を設け、被吸着物を吸着面と隙間を設けて支持するとともに、上記支持部材における被吸着物との保持面を導電性材料で構成してなり、前記被吸着物と静電電極との間に電圧を印加して被吸着物を静電的に吸着保持してなる静電チャック。

【請求項2】上記支持部材の保持面から吸着面までの高さを $50\mu m$ 以下としてなる請求項1に記載の静電チャック。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置や液晶基板などの製造工程において、半導体ウエハやガラス基板などの被吸着物を静電的に吸着保持する静電チャックに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体装置の製造工程において、半導体ウエハに膜付けを行うための成膜装置や微細加工を施すためのドライエッキング装置などの半導体製造装置においては、上記ウエハを保持するために静電チャックが使用されている。

【0003】図5に一般的な静電チャック31の構造を示すように、セラミック基体32の表面に静電電極34を備えるとともに、該静電電極34を覆うように誘電体層33で被覆し、その上面を吸着面33aとしたものがあった。また、上記セラミック基体32中にヒータ電極を埋設して吸着面33aに保持したウエハ10を加熱したり、プラズマ発生用電極を埋設して処理室内に配置するもう一方のプラズマ発生用電極との間でプラズマを発生させるようにしたものも使用されている。

【0004】このような静電チャック31の誘電体層33を構成する材質としては、アルミナ、窒化珪素等のセラミックスやサファイアが使用されており、近年では、ハロゲン系腐食性ガスとの耐蝕性に優れるとともに、高い熱伝導率を有する窒化アルミニウム質セラミックスを使用することも提案されている（特公平7-50736号公報、特開平5-251365号公報参照）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、高温の真空雰囲気下において静電チャック31によりウエハ10を吸着保持して各種の処理を繰り返すと、吸着面33aに導電性をもった薄膜が付着してウエハ10を吸着保持することができなくなるといった課題があった。

【0006】例えば、PVDやCVDなどの成膜装置を用いての成膜工程では、静電チャック31の吸着面33aはウエハ10により覆われているものの、反応性の強いプラズマ発生下では吸着面33aとウエハ10との間

の微小な隙間から反応ガスが入り込み、吸着面33aに反応膜を形成したり、ウエハ10の搬送時において静電チャック31の吸着面33aが処理室内に露出するためには、残留する成膜成分が付着することは避けられなかつた。そして、1回のウエハ処理では吸着面33aに形成される反応膜や成膜成分は極めて薄いものであるものの、ウエハ処理を重ねるうちに上記反応膜や成膜成分の膜厚みが厚くなり、この反応膜や成膜成分が導電性をもつた膜である時には、反応膜や成膜成分と静電チャック31中の静電電極34との間に静電吸着力が働くだけで、ウエハ10との間には静電吸着力が働くはず、ウエハ10を吸着保持することができなかつた。

【0007】また、成膜工程以外に真空加熱工程等においても、洗浄不足による油脂類の付着、処理室に設置する真空ポンプ等からのオイルバックや処理室を構成する金属成分のベーパーなどにより油脂類や金属が静電チャック31の吸着面33aに付着し、油脂類においては加熱されると炭化されて導電性をもつた薄膜が形成されることから吸着力が得られなくなるといった課題もあつた。

【0008】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明は上記課題に鑑み、誘電体層の一方の表面に静電電極を備えるとともに、他方の表面を吸着面としてなる静電チャックに、上記吸着面より突出する支持部材を設けて被吸着物を吸着面と隙間を設けて支持するとともに、上記支持部材における被吸着物との保持面を導電性材料で構成し、前記被吸着物と静電電極との間に電圧を印加して被吸着物を静電的に吸着保持するようにしたものである。

【0009】また、本発明は、上記支持部材の保持面から吸着面までの高さを $50\mu m$ 以下として構成したものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0011】図1は本発明に係る静電チャックの一例を示す図であり、(a)は斜視図、(b)はそのX-X線断面図である。

【0012】図1に示す静電チャック1は、周縁に段差部2aを有するセラミックス基体2の表面に静電電極4を備えるとともに、該静電電極4を覆うように誘電体層3で被覆してセラミックス基体2と誘電体層3との間に静電電極4を内蔵したものであり、上記誘電体層3の上面を吸着面3aとしてある。

【0013】上記セラミックス基体2の段差部2aには、上面が吸着面3aより突出するリング状の支持体9を取り付けてあり、該支持体9の上面をなす保持面9aに被吸着物であるウエハ10の周縁を載置してウエハ10を吸着面3aと微小隙間を設けて支持するようにしてある。また、保持面9aを含む支持体9は導電性材料によ

り形成してあり、アース線11を接続することで支持体9及びその保持面9aで支持するウエハ10をアースするようにしてある。なお、この支持体9をセラミック基体2に取り付ける手段としては、機械的な嵌め合いやネジ等による締結により取着すれば良い。

【0014】また、上記セラミック基体2の内部にはヒータ電極5を埋設しており、ヒータ電極5を発熱させることにより支持体9で支持するウエハ10を加熱するとともに、上記セラミック基体2及び誘電体層3の中央に穿設するガス供給孔8からウエハ10の裏面、支持体9の側面、及び吸着面3aとで構成される微小空間RにHe等のガスを供給することでウエハ10の均熱性を高めるようにしてある。

【0015】なお、静電電極4及びヒータ電極5への通電は給電部材6、7を介して通電するようにしてある、直流電源の正極を静電電極4の給電部材6に接続し、負極をアース線に接続するとともに、ヒータ電極5の給電部材7を交流電源に接続してある。

【0016】そして、この静電チャック1を用いてウエハ10を保持するには、ウエハ10の周縁を支持体9の保持面9aに載置して吸着面3aと隙間を設けて支持する。

【0017】この時、支持体9及びウエハ10は共にアースされており、同電位に保たれることになる。

【0018】次に、被吸着物であるウエハ10と静電電極4との間に直流電圧を印加することにより、該静電電極4とウエハ10との間に誘電分極によるクーロン力が発生するため、ウエハ10を吸着面3a側に引き付ける力が働き吸着保持するようになっている。即ち、ウエハ10は吸着面3aと微小隙間を設けて支持してあるものの、このウエハ10、支持体9、及び吸着面3aとで構成される微小空間Rが誘電体層として作用するため、静電電極4とウエハ10との間にクーロン力を発生させてウエハ10を吸着保持することができる。なお、この時ウエハ10の一部が吸着面3aと接触していても良い。

【0019】また、静電チャック1のガス供給孔8からウエハ10、支持体9、吸着面3aとで構成される微小空間RにHe等のガスを供給するとともに、ヒータ電極5に通電して発熱させることで静電チャック1の輻射熱をHe等のガスを介して伝達し、ウエハ10を所定の温度に加熱するようにしてある。

【0020】そして、この静電チャック1を用いてウエハ10に成膜や微細加工を施す場合、処理室内にフッ素系あるいは塩素系ガスとともに成膜ガスやエッチングガスを供給し、プラズマを発生させることで静電チャック1により保持したウエハ10の表面上に所望の薄膜を形成したり、微細加工を施すことができる。

【0021】また、成膜処理や微細加工処理を繰り返すと、真空ポンプのオイルミストが処理室に逆流するオイルバックにより油脂類が付着し、この油脂類が付着した

状態で加熱されると油脂類が炭化され、導電性をもった薄膜が静電チャック1の吸着面3aや支持体9の保持面9aに形成されることになる。

【0022】さらに、成膜処理においては、ウエハ10と支持体9の保持面9aとの間の僅かな隙間から成膜ガスが入り込み、吸着面3aや支持体9の保持面9aに反応膜が堆積したり、ウエハ10の搬送時に静電チャック1の表面が処理室内に露出することから処理室内に残留する成膜成分が付着し、これらが導電性をもつものである時には静電チャック1の吸着面3aや支持体9の保持面9aに導電性をもった薄膜が形成されることになる。

【0023】しかしながら、本発明の静電チャック1は、ウエハ10の周縁を支持体9により支持し、吸着面3aとの間に微小隙間を設けて保持するようにしてあることから、吸着面3aに導電性をもった薄膜が形成されたとしても静電電極4とウエハ10との間の電位差を保って吸着力を維持することができるため、常にウエハ10を安定して吸着保持することができる。

【0024】なお、上記誘電体層3を構成する材質としては、アルミナ、窒化珪素、チタン酸バリウム、チタン酸カルシウム、イットリウム・アルミニウム・ガーネット、窒化アルミニウムなどのセラミックスやサファイアなどを用いることができ、使用目的に応じて各種材料により構成すれば良いが、これらの中でも窒化アルミニウムは加工性に優れるとともに、高い熱伝導率と優れた耐蝕性を有することから、ウエハ10を短時間で所定の温度に加熱することができるとともに、ハロゲン系腐食性ガスに対する耐蝕性に優れることから繰り返し使用することができ、半導体製造工程において好適に用いることができる。

【0025】また、セラミック基体2も誘電体層3を構成する上記セラミックスにより形成すれば良く、特にセラミック基体2中にヒータ電極5を埋設する場合、窒化アルミニウムで形成すれば優れた熱伝導率を有することからウエハ10を短時間でかつ均一に加熱することができ好適である。また、セラミック基体2と誘電体層3を同じセラミックスで形成すれば互いの熱膨張差が少ないため接合強度及び静電チャック1の変形を抑えることができるため好ましい。

【0026】さらに、上記支持体9を構成する導電性材料としては、Si(珪素)、チタン(Ti)、銅(Cu)、タンクステン(W)、金(Au)、銀(Ag)、アルミニウム(Al)などの金属やこれらの合金、あるいは上記金属の酸化物、窒化物、炭化物など被吸着物と同等あるいはそれより小さい抵抗値を持った導電性材料で形成してあれば良く、例えば被吸着物が半導体ウエハ10である場合、 $10^6 \Omega \cdot cm$ 以下の体積固有抵抗値を有する導電性材料を使用すれば良い。

【0027】ただし、図1においては支持体9の全体を

導電性材料で形成したが、少なくとも被吸着物と接する保持面9aのみを導電性材料で形成してあれば良く、例えば、支持体9を絶縁性のセラミックスにより形成し、その少なくとも保持面9aに前記導電性材料からなる金属膜やセラミック膜を被着したものであっても構わない。

【0028】ところで、静電チャック1の吸着力は誘電体層3の厚みの2乗に反比例し、通電する電圧の2乗に比例することから、上記支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhが高すぎると吸着力が大きく低下し、十分な保持力が得られなくなる。

【0029】その為、支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhは50μm以下とすることが必要である。

【0030】即ち、静電チャック1に通電する電力は一般的に1kW程度であり、これより大きくなると消費電力が多くなり不経済である。従って、ウエハ10と静電電極4との間の距離が吸着力に大きく影響することになるが、誘電体層3の厚みはセラミックスやサファイアの持つ機械的強度との関係から凡そ0.1~0.5mm程度であることから、基本的に支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhが吸着力に大きな影響を与えることになる。そして、上記高さhが50μmより大きくなると、吸着力が50g/cm²未満となり、ウエハ10と支持体9との間のシール性が低下することからウエハ10、支持体9、及び吸着面3aとで構成される微小空間Rに供給したHe等のガスがウエハ10と支持体9との間よりリークするとともに、ウエハ10の均熱性が大幅に低下するからである。なお、加工精度を加味すると支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhは20~40μmの範囲で設けることが望ましい。

【0031】次に、本発明の他の実施形態を図2及び図3に示す。

【0032】図2(a)、(b)に示す静電チャック1は、円盤状をしたセラミックス基体2の表面に静電電極4を備えるとともに、その表面に上記静電電極4を覆うように誘電体層3を成膜でもって被覆し、該誘電体層3の上面を吸着面3aとしてある。また、上記吸着面3aの周縁には厚さh50μm以下の範囲でリング状の前記導電性材料からなる導電膜11を被覆して支持部材9を構成しており、該支持部材9の上面をなす保持面9aで被吸着物であるウエハ10の周縁を支持し、ウエハ10を吸着面3aと隙間を設けて支持するようにしてある。

【0033】このように、吸着面3aより突出させる支持部材9は成膜により形成しても良く、厚さh50μm以下の範囲であれば、均一な膜を被覆することができるため、ウエハ10を支持する保持面9aを平坦に仕上げることができる。

【0034】図3(a)、(b)に示す静電チャック1は、円盤状をしたセラミックス基体2の表面に静電電極

4を備えるとともに、その表面に上記静電電極4を覆うように誘電体層3を被覆し、該誘電体層3の上面を保持面9aとしてある。また、この保持面9aにはサンドブラスト等により深さh50μm以下の範囲で同心円状の溝3bを刻設し、該溝3bの底面を吸着面3aとともに、上記吸着面3aより突出する部分を支持部材9としてある。そして、上記保持面9aを含む誘電体層3の表面全体には前記導電性材料からなる導電膜12を被着してある。

【0035】この静電チャック1であれば、従来より使用されている溝付き静電チャックの誘電体層3表面に導電膜12を被着するだけで良いため、経済的である。

【0036】なお、図1乃至図3に本発明の実施形態を示したが、本発明に係る静電チャック1はこれらの構造だけに限定されるものではなく、少なくとも吸着面3aより突出する支持部材9を備え、該支持部材9により被吸着物を上記吸着面3aと隙間を設けて支持するとともに、支持部材9における被吸着物との保持面9aを導電性材料で構成したものであれば良い。

【0037】(実施例)ここで図1に示す静電チャック1を試作し、支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhをそれぞれ異ならせた時の吸着特性について測定を行った。

【0038】本実験では誘電体層3に窒化アルミニウム質セラミックスを用い、その厚みを0.3mm程度とした外径200mmの静電チャック1を用意した。

【0039】この静電チャック1を得るには、まず、平均結晶粒子径1.2μm程度でかつ不純物としてSiが1000ppm以下、Na、Ca、Fe等が2000ppm以下である純度99%以上のAlN粉末にバインダー及び溶媒を添加混合して泥漿を得たあと、ドクターブレード法にて厚さ0.4mm程度のグリーンシートを複数枚製作する。

【0040】このうち2枚のグリーンシートに比表面積(BET)が2m²/g以上のW、Mo、WC、TiN、TiCの少なくとも一種の粉末とAlN粉末を混合して粘度調整したベーストをそれぞれスクリーン印刷して静電電極4をなす導体層及びヒータ電極5をなす導体層をそれぞれ形成する。

【0041】そして、各導体層を敷設したグリーンシートと他のグリーンシートとを積み重ねて30~50kg/cm²程度の圧力にて熱圧着させて積層体を形成し、切削加工により周縁に段差部2aを備えた略円柱体に形成したのち、2000°C程度の真空雰囲気下で5時間焼成することで静電電極4とヒータ電極5を埋設してなる窒化アルミニウムからなる静電チャック1を形成した。

【0042】かかるのち、静電チャック1内に内蔵する各電極4、5に連通する内孔をそれぞれ穿設し、該内孔の表面にモリブデン-マンガン合金からなるメタライズ層を敷設するとともに、タンクステンやモリブデンなど

の金属製給電端子6、7を銀を含むロウ材を介して接合するとともに、静電チャック1の段差部2aに保持面9aが吸着面3aより突出したリング状の炭化珪素（体積固有抵抗値： $8 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ ）からなる支持体9を嵌め合いにより取着することで図1に示す静電チャック1を試作した。

【0043】そして、支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhを表1に示すように異ならせた静電チャック1を、真空度が 10^{-3} torr の処理室内に配置し、8インチのシリコンウエハ10を載置してウエハ10と静電電極4との間に1kVの直流電圧を印加することでウエハ10を吸着保持させるとともに、ヒータ電極5に通電してウエハ10を200°Cに加熱した状態からウエハ10を剥がすのに要する力を吸着力として測定した。そして、ウエハ10、支持体9、吸着面3aとで構成される微小空間RからHeガスをリークさせずにウエハ10を保持するには 50 g/cm^2 以上の吸着力が必要であることから、基準値を 50 g/cm^2 に設定して吸着特性を判断した。

【0044】なお、支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhがゼロのものは支持体9を備えていない従来の静電チャック31である。

【0045】それぞれの結果は表1に示す通りである。

【0046】

【表1】

	支持体の保持面から吸着面までの高さh(μm)	吸着力(g/cm ²)
※1	0	120
2	1	80
3	5	72
4	10	70
5	20	65
6	40	60
7	50	50
※8	60	40

※ 本発明範囲外のものである。

【0047】この結果、支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhが大きくなるに従って吸着力が低下することが判る。そして、支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhが $50 \mu\text{m}$ より大きくなると吸着力が 40 g/cm^2 と基準より小さくなつた。

【0048】従つて、支持体9の保持面9aから吸着面3aまでの高さhは $50 \mu\text{m}$ 以下の範囲で設けることが望ましいことが判る。

【0049】（実施例2）次に、試料No. 5（表1）の本発明に係る静電チャック1を成膜装置に組み込み、ウエハ10にアルミニウム膜を被覆する実験を繰り返し、静電チャック1の吸着特性について測定を行つた。

【0050】具体的には 10^{-3} torr の真空度に設定した処理室内で、ウエハ10を静電チャック1の支持体9に載置し、ウエハ10と静電電極4との間に1kVの電圧を印加することでウエハ10を保持するとともに、ウエハ10、支持体9、吸着面3aとで構成される微小空間Rに 20 torr のHeガスを供給し、ヒータ電極5に通電して保持するウエハ10を250°Cに加熱した。ここで、ウエハ10の温度を250°Cとしたのはこの時最もスパッタ効率が良いからである。

【0051】そして、この状態から静電電極4への通電をOFFにすると、ウエハ10がプラズマエネルギーによって400°Cの高温に加熱され、再び、静電電極4へ

の通電を開始すると、ウエハ10の温度が250°Cに保たれることを確認した。

【0052】このことから、ウエハ10の温度変化を測定することで吸着特性を確認できることが判る。

【0053】そこで、本発明に係る静電チャック1(A)、支持体を備えた双極型静電チャック(B)、従来の単極型静電チャック31(C)、支持体を持たない双極型静電チャック(D)をそれぞれ用意して、吸着特性を測定した。

【0054】それぞれの結果は図4に示す通りである。

【0055】この結果、ウエハ10の処理枚数が500枚まではいずれも吸着特性に大きな影響は見られなかったものの、ウエハ処理枚数が5000枚を越えると、本発明に係る静電チャック1(A)以外は全てウエハ10の温度が上昇し、吸着力が低下することが判った。なお、本実験で使用した静電チャック1(A)の中でも、支持体を備えていないものは特に吸着力の低下が激しかった。

【0056】そこで、従来の単極型静電チャック31(C)の吸着面33aを観察したところ、吸着面33aに薄膜が付着しており、この薄膜をEPMAで測定したところ、アルミニウム膜であることが判った。

【0057】これに対し、本発明に係る静電チャック1(A)の吸着面33aや支持体9の保持面9aにもアルミニウム膜が付着していたものの、支持体9の保持面9aはウエハ10とともにアースしており、ウエハ10と吸着面33aとの間には微小な隙間を設けてあることから、吸着力に何ら影響がなく、15000枚以上のウエハ処理においてもウエハ10を安定して吸着保持することができた。

【0058】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、誘電体層の一方の表面に静電電極を備えるとともに、他方の表面を吸着面としてなる静電チャックに、上記吸着面より突出する支持部材を設けて被吸着物を吸着面と隙間を設けて支持するとともに、上記支持部材における被吸着物との保持面を導電性材料で構成し、前記被吸着物と静電電極との間に電圧を印加して被吸着物を静電的に吸着保持するようにしたことにより、成膜装置やドライエッキング装置など高温の真空雰囲気下で使用し、各種処理の繰り返しに伴い反応膜、炭化膜、金属膜などの導電性をもった薄膜が吸着面に付着したとしても被吸着物を安定して吸着保持させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る静電チャックの一例を示す図で、(a)は斜視図、(b)はそのX-X線断面図である。

【図2】本発明に係る静電チャックの他の例を示す図で、(a)は斜視図、(b)はそのY-Y線断面図である。

【図3】本発明に係る静電チャックの他の例を示す図で、(a)は斜視図、(b)はそのZ-Z線断面図である。

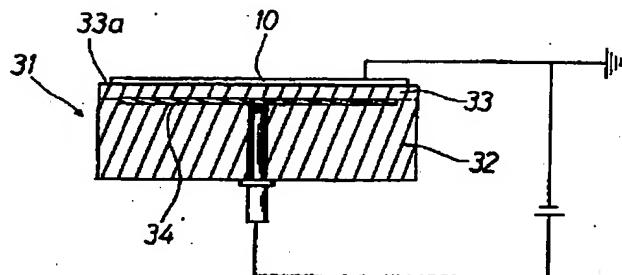
【図4】成膜処理を施した時のウエハ温度とウエハ処理枚数との関係を示すグラフである。

【図5】一般的な静電チャックの一例を示す縦断面図である。

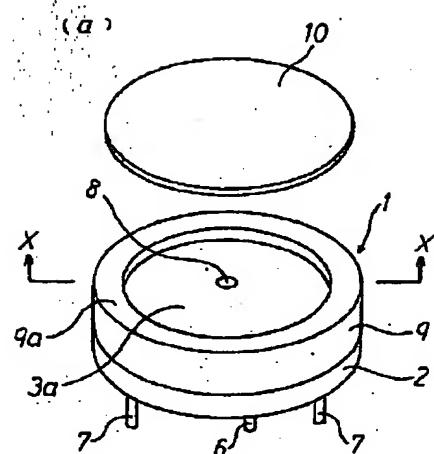
【符号の説明】

1…静電チャック、2…セラミック基体、
3…誘電体層、3a…吸着面、4…静電電極、
5…ヒータ電極、6、7…給電端子、
8…ガス供給孔、9…支持体、10…ウエハ

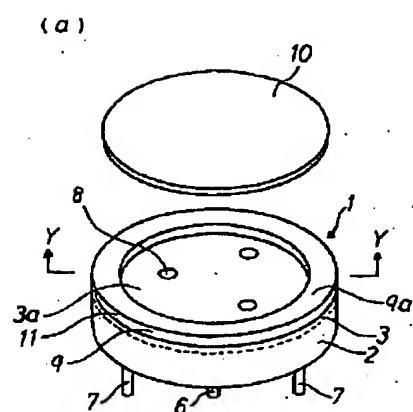
【図5】



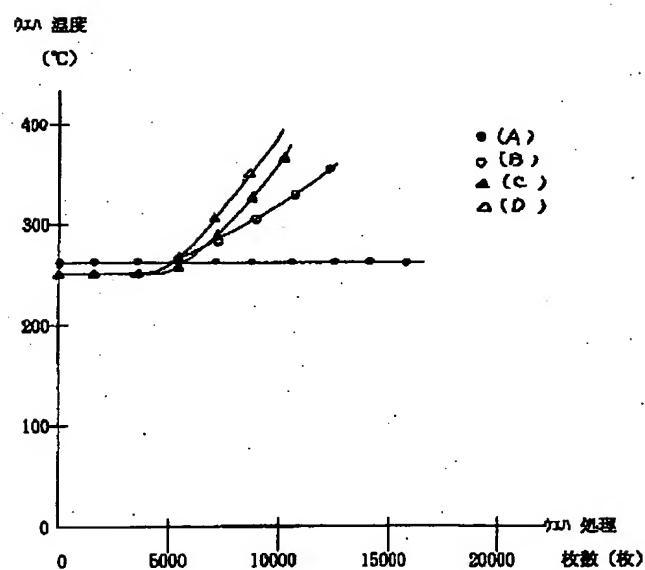
【図1】



【図2】

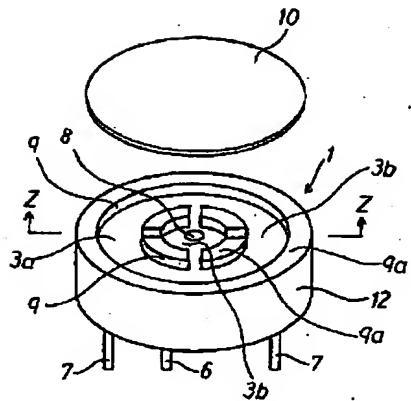


【図4】



【図3】

(a)



(b)

